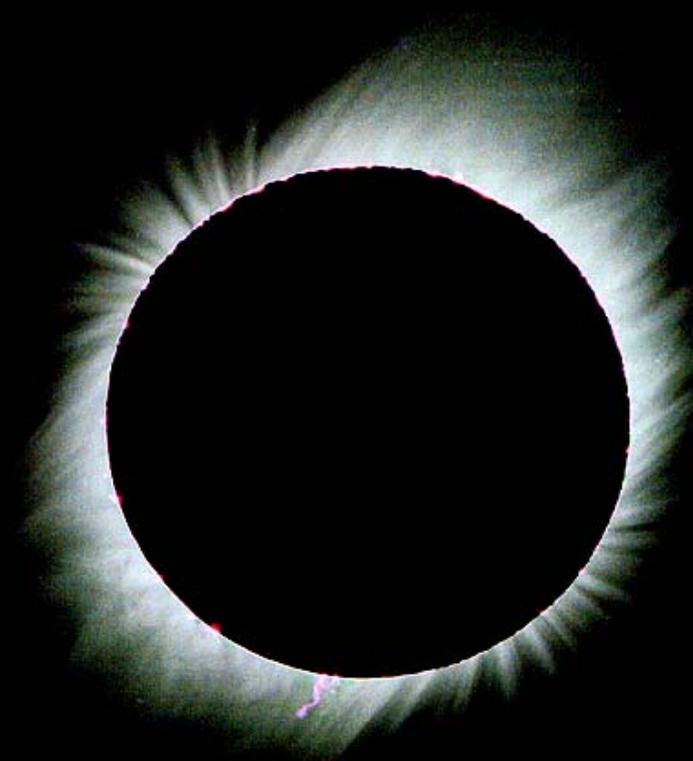




astrocorner präsentiert

Übersicht zur totalen Sonnenfinsternis vom 29. März 2006

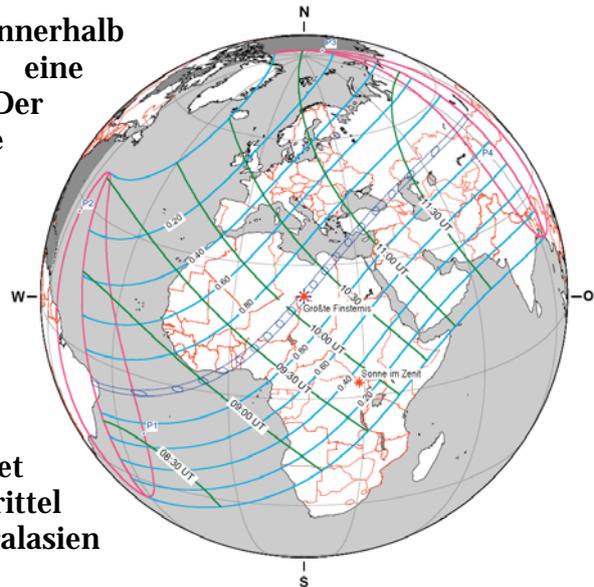
Wichtige Informationen, Hinweise und Tipps zur Beobachtung des Himmelschauspiels



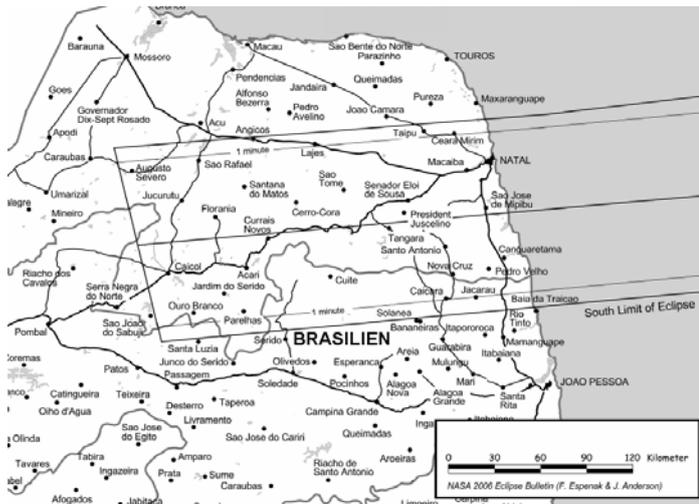
www.astrocorner.de

I. Globaler Verlauf der totalen Sonnenfinsternis

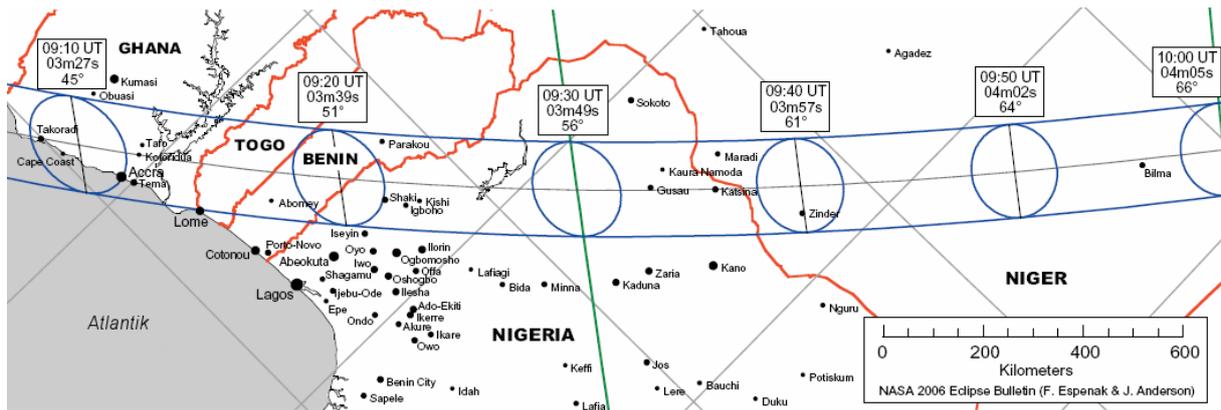
Am Mittwoch, den 29. März 2006 wird innerhalb einer schmalen, lang gestreckten Zone eine totale Sonnenfinsternis zu sehen sein. Der Kernschatten des Mondes berührt die Erdoberfläche in Brasilien kurz vor der Atlantikküste überquert den Ozean, Nordafrika, das östliche Mittelmeer und Zentralasien, bis die Finsternis mit dem Sonnenuntergang in der nördlichen Mongolei endet. Eine partielle Sonnenfinsternis kann innerhalb des sehr viel breiteren vom Halbschatten des Mondes überzogenen Gebietes beobachtet werden, das die nördlichen zwei Drittel Afrikas, gesamt Europa und Zentralasien einschließt.



Die Kernschattenzone beginnt im östlichen Brasilien, wo der Kernschatten des Mondes die Erdoberfläche erstmals um 08:36h UT (Universal Time) bei Sonnenaufgang berührt. Die Dauer der totalen Verfinsternung der Sonnenscheibe durch den Mond beträgt hier im Zentrum des zu dieser Zeit 129 km breiten Kernschattens nur 1 Minute und 53 Sekunden. Der Kernschatten verlässt den südamerikanischen Kontinent kurz darauf und rast vorerst mit einer Geschwindigkeit von 9 km/s in nordöstliche Richtung über den Atlantik. Innerhalb von einer halben Stunde kommt es zu keinem Landkontakt – lediglich Schiffs- und Flugzeugreisende kommen hier in den Genuss des Naturschauspiels.



Nachdem der Schatten den Äquator überquert hat, durchläuft er den Golf von Guinea und trifft um 09:08h UT auf die Afrikanische Küste von Ghana. Die Sonne befindet sich während der 3 Minuten und 24 Sekunden andauernden Totalität hier 44° über dem östlichen Horizont. Der Finsternispfad hat sich mittlerweile bereits auf eine Breite von 184 km ausgeweitet, während die Geschwindigkeit, mit der sich der Schatten über die Erdoberfläche bewegt, auf 0,958 km/s gesunken ist. In der ungefähr 50 km südlich der Zentrallinie liegenden Hauptstadt Accra kann eine 2 Minuten und 58 Sekunden andauernde Totalität erlebt werden (09:11h UT).

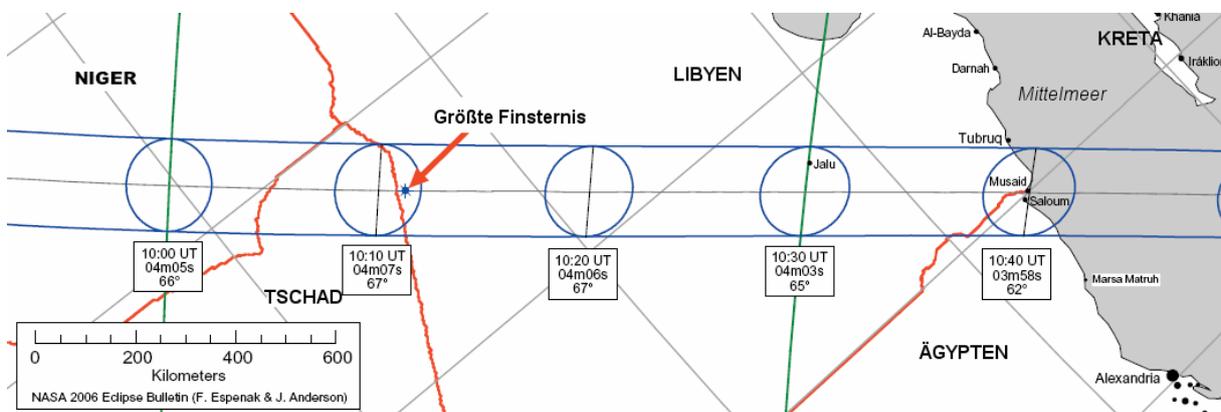


Der sich weiter ins Landesinnere bewegende Kernschatten trifft um 09:14h UT auf den afrikanischen Staat Togo. Leider liegt die Hauptstadt Lome ein klein wenig außerhalb der südlichen Begrenzung der Kernschattenzone, so dass die Einwohner Zeuge einer partiellen Finsternis werden, bei der die Sonne nur fast vollständig abgedeckt wird. Zwei Minuten später erreicht der voranschreitende Schattenrand den Nachbarstaat Benin, dessen Hauptstadt Porto-Novo mit einem Bedeckungsgrad von 98,5% eine starke partielle Sonnenfinsternis erfährt.

Weiter in nordöstliche Richtung strebend, überquert die Kernschattenachse die Grenze nach Nigeria um 09:21h UT. Bis hierhin hat sich die zentrale Verfinsterungsdauer auf 3 Minuten und 40 Sekunden erhöht, die Höhe der Sonne beträgt 52° , der Kernschatten ist 188 km breit und nur noch 0,818 km/s schnell. Da sich Lagos ungefähr 120 km außerhalb der südlichen Schattengrenze befindet, kann dort nur eine partielle Finsternis beobachtet werden (maximal 96,8%).

Die Schattenachse benötigt ungefähr 16 Minuten, um das westliche Nigeria zu durchqueren, um danach Niger zu erreichen. Um 09:37h UT dauert die Totalität nun schon 3 Minuten und 54 Sekunden und die Schattengeschwindigkeit reduziert sich weiter auf 0,734 km/s.

Während der nun folgenden Stunde durchläuft der Kernschatten ein besonders entlegenes und desolates Wüstengebiet. Dabei überquert die Schattenachse ab 10:05h UT für wenige Minuten den nordwestlichen Zipfel des Chad und befindet sich danach auf libyschem Terrain.

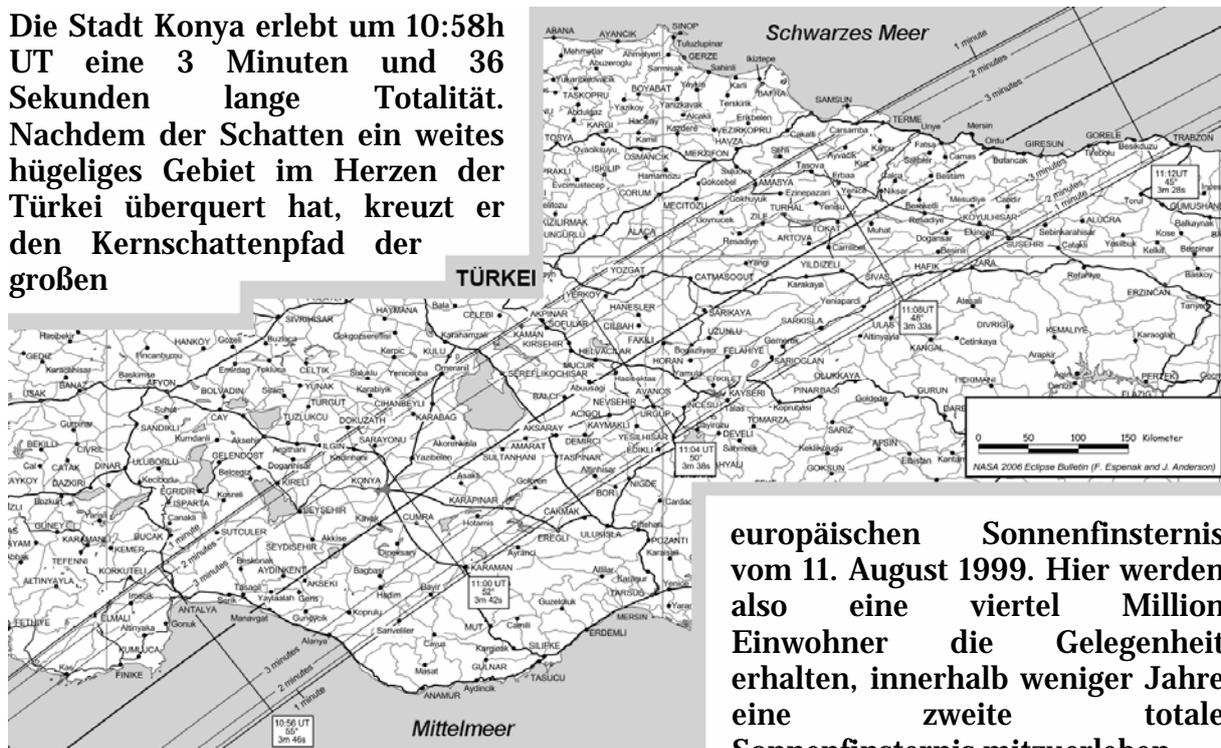


Hier, kurz hinter der Grenze, inmitten der Sahara befindet sich der Ort, an dem diese Finsternis in ihrer maximalen Länge von 4 Minuten und 7 Sekunden beobachtet werden kann. Die verfinsterte Sonne befindet sich hier um 10:11:18h UT in einer Höhe von 67° über dem Horizont, die Kernschattenzone besitzt eine maximale Breite von 184 km und der Schatten bewegt sich nun mit 0,697 km/s besonders langsam über die Erdoberfläche.

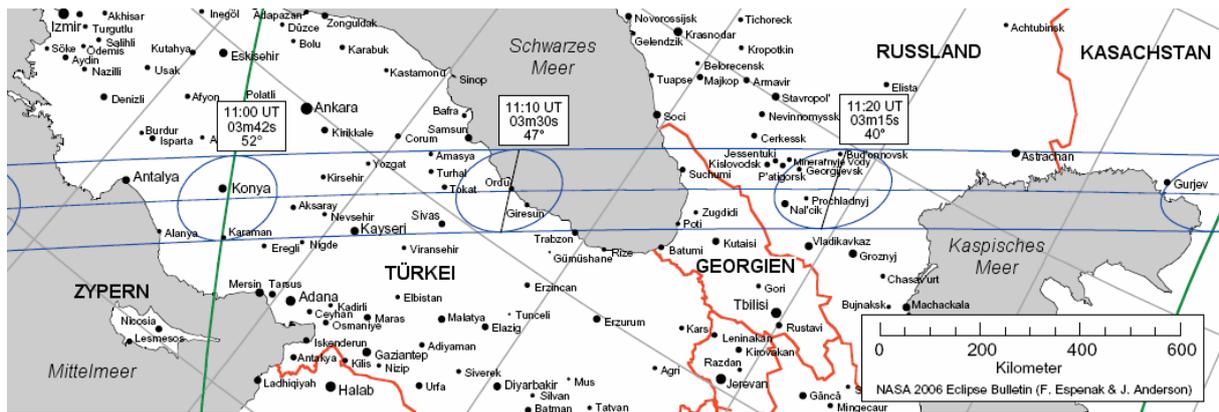
Der Mondschatten bewegt sich weiterhin in nordöstliche Richtung auf das Mittelmeer zu. Kurz bevor der Kernschatten den afrikanischen Kontinent verlässt, wird um 10:40h UT noch die nordwestlichste Ecke Ägyptens von ihm für maximal 3 Minuten und 58 Sekunden überzogen.

Die mediterrane See überquert der Kernschatten zwischen Kreta und Zypern, wobei die Inseln nicht berührt werden, und trifft bei Antalya auf türkisches Festland. Die Touristenmetropole an der türkischen Riviera liegt 50 km nordwestlich der Zentrallinie. Die 750.000 Küstenstadtbewohner erleben eine Totalität von 3 Minuten und 11 Sekunden Dauer, wohingegen auf der nur wenig entfernten Zentrallinie die vollständige Verfinsterung 35 Sekunden länger beobachtet werden kann.

Die Stadt Konya erlebt um 10:58h UT eine 3 Minuten und 36 Sekunden lange Totalität. Nachdem der Schatten ein weites hügeliges Gebiet im Herzen der Türkei überquert hat, kreuzt er den Kernschattenpfad der großen



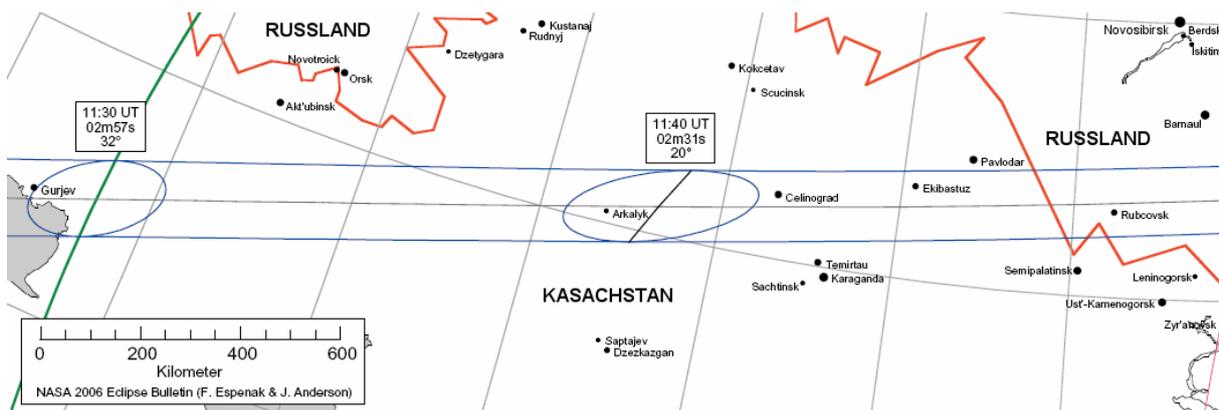
Um 11:10h UT erreicht die Schattenachse dann an der nordtürkischen Küste das schwarze Meer. Die Finsternis dauert hier auf der Zentrallinie 3 Minuten und 30 Sekunden, die Sonne befindet sich 47° hoch am Himmel und der Schattenpfad ist 165 km breit.



Sechs Minuten später erreicht die Umbra die georgische Westküste und die höchste europäische Bergkette – den Kaukasus. Der Kernschatten bewegt sich mittlerweile wieder mit einer Geschwindigkeit von ungefähr einem Kilometer pro Sekunde über die Landschaft. In Georgiens Hauptstadt Tbilisi kann eine partielle Finsternis gesehen werden, die um 11:19h UT einen maximalen Bedeckungsgrad von 94,9% erreicht.

Nachdem der Schatten russisches Gebiet erreicht, überstreicht er die nördlichen Küstengebiete des Kaspischen Meeres und bewegt sich nach Kasachstan hinein. Um 11:30 UT trifft man hier am späten Nachmittag eine nur noch 32° hoch stehende Sonne an, die auf der Zentrallinie für 2 Minuten und 57 Sekunden verfinstert wird. Die immer weiter zunehmende Geschwindigkeit des Kernschattens auf dem Erdboden liegt nun bei 1,508 km/s.

In den dieser Finsternis noch verbleibenden 17 Minuten beschleunigt der Kernschatten rapide während die Totalitätsdauer stark abnimmt. Er überquert weite Teile Kasachstans in knapp einer viertel Stunde, berührt südlich von Novosibirsk noch einmal russischen Boden und verlässt um 11:48h UT den Erdboden bei Sonnenuntergang an der russisch-mongolischen Grenze.



Der gesamte Verlauf dieser totalen Sonnenfinsternis dauert somit 3 Stunden und 12 Minuten. Die Kernschattenzone besitzt eine Länge von rund 14.500 Kilometern und bedeckt 0,41% der gesamten Erdoberfläche.

II. Saros-Zyklus Nr. 139

Bei der Betrachtung der Wiederkehr von Sonnen- und Mondfinsternissen wird ersichtlich, dass solche Ereignisse einer gewissen Periodizität zu folgen scheinen. Diese Regelmäßigkeit wird durch den Saros-Zyklus beschrieben – einem Zeitintervall von 6.585,3 Tagen (entsprechend 18 Jahren 11 Tagen und 8 Stunden), nach dessen Verstreichen eine Finsternis mit fast exakt den gleichen geometrischen Eigenschaften erneut zu beobachten ist.

Solche Finsternisse ereignen sich auf fast dem gleichen Punkt der Mondbahn, in fast derselben Distanz des Mondes zur Erde und wiederkehrend in der gleichen Jahreszeit. Aus diesem Grunde fasst man so zusammenhängende Finsternisse gern in Saros-Familien zusammen (van den Bergh 1955). Eine Saros-Familie beinhaltet typischer Weise mehr als 70 Finsternis-Ereignisse.

Dennoch gibt es leichte Verschiebungen beim wiederholten Auftreten einer Finsternis der gleichen Saros-Familie. Eine jede Saros-Serie überdauert somit maximal 12 bis 13 Jahrhunderte. Die totale Sonnenfinsternis des Jahres 2006 ist das 29. Mitglied der Saros-Serie Nr. 139. Alle Finsternisse dieser Familie treten am aufsteigenden Knoten der Mondbahn auf. Dabei befindet sich unser kosmischer Begleiter jeweils ein Stück weiter südwärts. Somit scheint sich auch der Schattenpfad auf der Erdoberfläche nach und nach in südliche Richtung zu verschieben.

Saros 139 begann mit einer kleinen partiellen Sonnenfinsternis in hohen nördlichen Breiten am 17. Mai 1501. Nach sieben ausschließlich partiellen Finsternissen, mit jeweils anwachsendem Bedeckungsgrad, trat die erste Sonnenfinsternis dieser Familie, bei der der Kernschatten auch den Erdboden berührte, am 11. August 1627 auf. Hierbei handelte es sich um eine hybride (oder total-ringförmige) Finsternis, bei der sich die Natur der Finsternis noch während des Verlaufs entlang des Schattenpfades verändert.

Aufgrund unterschiedlicher Distanzen des Mondes zu verschiedenen Beobachtern auf der gekrümmten Erdoberfläche variiert für diese auch sein scheinbarer Durchmesser am Himmel. Die Finsternis ist dann zu Beginn und zum Ende des Ereignisses als ringförmige und im mittleren Verlauf als totale Sonnenfinsternis zu erkennen. Hybride Sonnenfinsternisse sind besonders selten und machen nur ungefähr 5,2% aller 14.283 Verfinsterungen aus, die in den sechs Jahrtausenden in den Jahren 2000 v.Chr. und 4000 n.Chr. stattfanden bzw. stattfinden.

Gerade aus diesem Grunde ist es bemerkenswert, dass es sich bei den ersten zwölf Finsternissen der Saros-Familie 139 jeweils um hybride Sonnenfinsternisse gehandelt hat, wobei sich die Dauer der Totalität bei aufeinander folgenden Finsternissen sukzessive erhöht hat. Die erste vollständig totale Finsternis dieser Serie fand am 21. Dezember 1843 statt und wies eine maximale totale Verfinsterungsdauer von 1 Minute und 43 Sekunden auf.

Während des 19. und 20. Jahrhunderts produzierte Saros 139 weitere totale Sonnenfinsternisse mit nach und nach anwachsender Totalitätsdauer. Die letzten beiden Vertreter konnten 1970 und 1988 beobachtet werden.

Die totale Sonnenfinsternis vom 7. März 1970 dauerte bis zu dreieinhalb Minuten und konnte von Mexiko, der Ostküste der Vereinigten Staaten und Kanadas beobachtet werden. Der Schattenpfad der Finsternis vom 18. März 1988 begann im Indischen Ozean, zog sich weiter über die Insel Sumatra, Kalimantan (Borneo) und Mindanao (Philippinen) und endete im Stillen Ozean.

Saros 139 wird auch in den kommenden zwei Jahrhunderten den Trend beibehalten, Sonnenfinsternisse mit anwachsender Totalitätsdauer zu produzieren. Diese Entwicklung kulminiert mit dem 39. Mitglied dieser Serie am 16. Juli 2186. Diese bemerkenswerte Finsternis wird sich durch eine maximale totale Verfinsterung der Sonnenscheibe von 7 Minuten und 29 Sekunden auszeichnen. Dieser Zeitwert liegt nur ganze 2 Sekunden unter der theoretischen Höchstdauer einer totalen Sonnenfinsternis (Lewis 1931 and Meeus 2003).

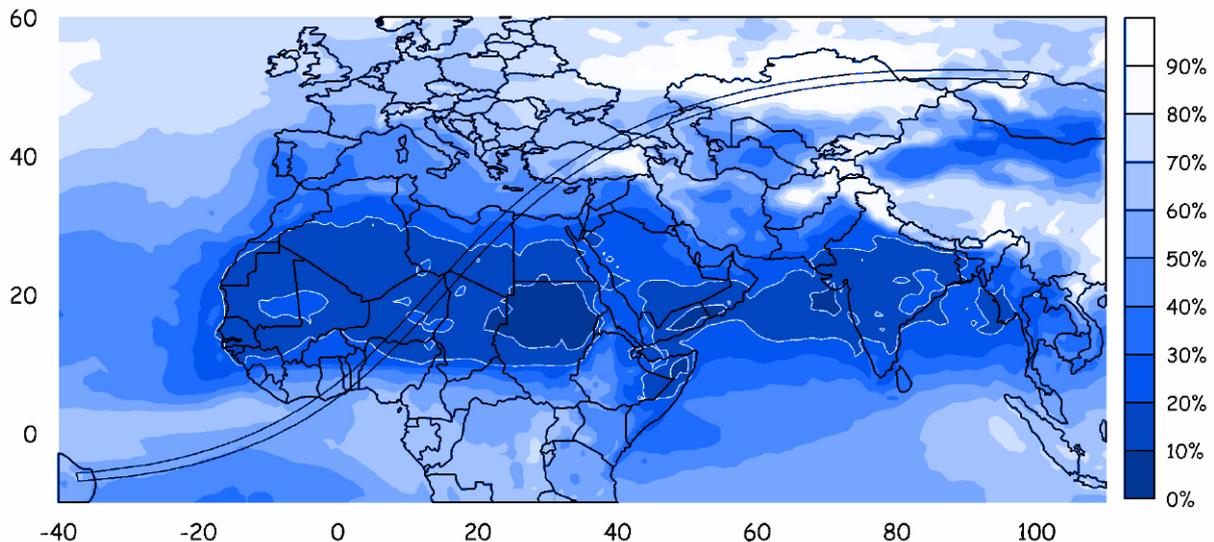
Tatsächlich zeigen die Berechnungen, dass die extravagante Sonnenfinsternis des Jahres 2186 die längste Dauer aller Finsternisse in 8 Jahrtausenden zwischen 3000 v.Chr. und 5000 n.Chr. aufweist. Unglücklicher Weise wird sich der Mondschatten im Moment der größten Finsternis innerhalb des Atlantischen Ozeans 900 km nördlich von Brasilien befinden. Doch in Kolumbien und Venezuela werden noch mehr als 7 Minuten totaler Verfinsterung zu erleben sein.

Auch im 23. Jahrhundert werden weitere lange Finsternisse dieser Serie zu beobachten sein, wobei die Totalitätsdauer allmählich abnimmt. Mit der totalen Sonnenfinsternis vom 20. September 2294 wird die Totalitätsdauer wieder unter 5 Minuten fallen. Die letzte zentrale Finsternis tritt am 26. März 2601 auf und besitzt dann nur noch eine Totalitätsdauer von 36 Sekunden. Die letzten neun Vertreter dieser Serie werden dann nur noch als partielle Verfinsterungen der Sonne von der südlichen Hemisphäre aus zu sehen sein. Saros 139 endet mit der partiellen Sonnenfinsternis vom 03. Juli 2763.

Insgesamt besitzt Saros 139 71 Sonnenfinsternisse. Die Serie beginnt mit 7 partiellen, gefolgt von 12 hybriden, dann 43 totalen und endet letztlich mit 9 partiellen Sonnenfinsternissen. Vom Beginn bis zum Ende umfasst diese Serie 1262 Jahre.

III. Wetterbedingungen im Finsternisgebiet

Der Finsternispfad beginnt im tropischen Klima des nordöstlichen Brasiliens, südlich der Intertropischen Konvergenzzone. Mit der vorherrschenden südöstlichen Luftströmung gelangt reichlich Luftfeuchtigkeit ins Landesinnere. Die intertropische Konvergenzzone ist eine wolkige, wechselhafte und feuchte Region, in der Luftströmungen der nördlichen und südlichen Hemisphäre aufeinander treffen und den „Wetter-Äquator“ unseres Planeten formen.



Karte der statistischen mittleren Bewölkung im Finsternisgebiet in Prozent. Die angegebene Bedeckung ist ein durchschnittlicher Wert aus Daten, die zwischen 1981 und 2000 aus Satellitenbildern ermittelt wurden. Dunkelblaue Flächen markieren Gebiete, in denen mit hoher Wahrscheinlichkeit eine freie Sicht zur Sonne angetroffen werden wird, helle Regionen sind häufig von Wolken überzogen.

Ende März hat der Zenitstand der Sonne den Äquator auf seiner alljährlichen Nord-Süd-Reise bereits nordwärts überquert und beschert mit der zusätzlichen Aufheizung der Atmosphäre den äquatorialen Breiten Afrikas eine regnerische Jahreszeit. Wechselhaft wolkige Wetterbedingungen sind zu dieser Zeit vor allem in den afrikanischen Küstengebieten Ghanas weit verbreitet. Die feuchten aufsteigenden Luftmassen regnen sich beständig auf dem Weg in Landesinnere ab und eine vollständige Wolkenbedeckung des Himmels ist eher unwahrscheinlich.

Die über die nördlichen Bereiche Nigerias strömenden Luftmassen stammen aus der Sahara und besitzen eine zu geringe Luftfeuchtigkeit um Wolken auszubilden. In diesem Gebiet gibt es einen abrupten Wechsel hin zu sonnigem Klima, doch die Luftmassen tragen häufig Massen von Staub und Sand aus der Wüste mit sich, wodurch der wolkenlose Himmel von einem rötlichen Schleier überzogen wird. Die feinen Partikel können den Blick zur Sonne allerdings schlimmstenfalls dimmen, nicht gänzlich verhindern.

Die höchste Wahrscheinlichkeit, einen freien Blick zur Sonne anzutreffen, findet man in dem Gebiet, in dem die Finsternis zu ihrem Höhepunkt kommt – an der Grenze zwischen Niger und Libyen, inmitten der Sahara.

Weiter nordwärts durchquert die Kernschattenzone den Mittelmeerraum und erreicht die mittleren Breiten, in denen das Frühlings-Wetter von sich ständig abwechselnden Hoch- und Tiefdrucksystemen beeinflusst wird. Im März und April

bilden sich Tiefdrucksysteme vorzugsweise an der Ostflanke des Atlasgebirges in Algerien und ziehen in östliche Richtung entlang der nordafrikanischen Küste. Diese produzieren für gewöhnlich wenig Regen, sorgen jedoch für erhebliche Luftturbulenzen entlang der Küstenlinie mit gelegentlichen Staubstürmen, die gewaltige Ausmaße erreichen können.

Das mit diesen Tiefdrucksystemen einhergehende Wetter ist viel variabler als andernorts entlang der Kernschattenzone auf dem schwarzen Kontinent. Bei südlichen Winden, die auftreten, wenn sich ein Tiefdrucksystem nähert, ist heiße, trockene und staubige Luft zu erwarten, wohingegen man ein wolkiges und kühleres Wetter antrifft, wenn die Wetter-Formation vorüberzieht.

Auch das Wetter der nördlichen Küstengebiete des Mittelmeerraums wird im Frühling von Tiefdrucksystemen bestimmt. Diese verweilen häufig aus dem (Nord-)Westen her kommend über dem Ionischen Meer im Südwesten Griechenlands, um daraufhin weiter nach Asien in nordöstliche Richtung zum Schwarzen Meer oder ostwärts nach Zypern und darüber hinaus weiter zu ziehen. Beide Zugrichtungen beeinflussen die Sichtbarkeitszone im weiteren Verlauf der Kernschattenzone. Beobachter, die sich weiter nördlich im Sichtbarkeitsgebiet befinden, stehen unter stärkerem Einfluss von europäischen Tiefdrucksystemen. Die Wahrscheinlichkeit, während der Finsternis einen bewölkten Himmel anzutreffen, nimmt entlang des Finsternispfades in nördliche Richtung von der türkischen Mittelmeerküste zur Schwarzmeerküste hin zu. Zudem müssen feuchte Luftmassen über dem gebirgigen Gebiet aufsteigen, wobei es zu Wolkenbildung durch das Auskondensieren der Luftfeuchtigkeit kommt.

Die hohe Wahrscheinlichkeit für schlechte Wetterverhältnisse bleibt auch über dem russischen Kaukasus und dem westlichen Kasachstan erhalten. Erst östlich des Ural-Gebirgszuges sind beeinflusst durch den sibirischen Antizyklon zu dieser Jahreszeit häufig klare Wetterverhältnisse mit sehr niedrigen Temperaturen anzutreffen.

Zusammenfassend ist wohl zu bemerken, dass diese Finsternis mit ihrem speziellen Kernschattenverlauf eine reiche Auswahl verschiedenster Wetterbedingungen in den unterschiedlichsten kulturellen Regionen bietet. Über weite Strecken der Kernschattenzone hinweg sind die Prognosen der Sichtbarkeitsbedingungen mehr oder weniger gut bis exzellent. Eine Ausnahme stellt hier lediglich das Gebiet zwischen der nördlichen Türkei und Westkasachstan dar. In Ägypten, Libyen und der Mittelmeerküste der Türkei trifft man eine günstige Kombination optimistischer Wetterprognosen und bequemer Reisemöglichkeiten an, in Westafrika (Nord-Nigeria, Süd-Niger) wird diese Finsternis mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit zu einem uneingeschränkt beobachtbaren unvergesslichen Naturerlebnis.

Auch bei dieser Sonnenfinsternis gilt: Mobilität und ein gutes Auge für Wetterveränderungen können kritische Faktoren zur erfolgreichen Beobachtung sein. Einige Tage oder Wochen vor der Finsternis kann man durch die Auswertung von Kartenmaterial oder bei Ausflügen in die Umgebung verschiedene Beobachtungsstandorte auswählen. Am Vortag des Ereignisses lässt sich dann anhand von aktuellen Satellitenbildern und recht zuverlässigen Wetterprognosen entscheiden, ob ein alternativer Standort in einiger Entfernung angefahren werden sollte, sofern die lokal vorherrschenden Bedingungen dies zulassen.

IV. Kontakte

Die wichtigsten einzelnen Phasen während des Ablaufs einer totalen Sonnenfinsternis werden als 'Kontakte' bezeichnet.

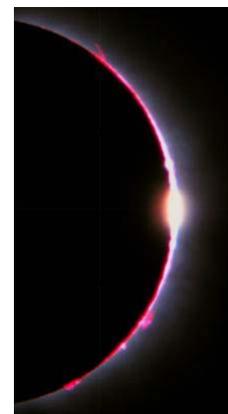
1. Kontakt

Die partielle Phase der Finsternis beginnt. Der Mond berührt die Sonnenscheibe am westlichen Rand zum ersten Mal. Kurz darauf ist eine kleine Einbuchtung am Sonnenrand zu erkennen. Ab jetzt bedeckt der Mond die Sonne in der folgenden Zeit immer mehr. Der Beobachter befindet sich nun im Halbschatten des Mondes.



2. Kontakt

Nachdem die schmale Sonnensichel zusammengeschrumpft ist und der letzte direkte Lichtstrahl erloschen ist, beginnt die totale Verfinsternis. Der Mond bedeckt die Sonnenscheibe vollständig. Der Beobachter befindet sich im Kernschatten des Mondes.



3. Kontakt

Ende der totalen Verfinsternis. Der erste direkte Sonnenlichtstrahl erscheint wieder am westlichen Mondrand. Ab jetzt gibt der Mond die Sonne nach und nach wieder frei. Der Beobachter befindet sich wieder im Halbschatten des Mondes. Damit beginnt die zweite partielle Phase der Finsternis.

4. Kontakt

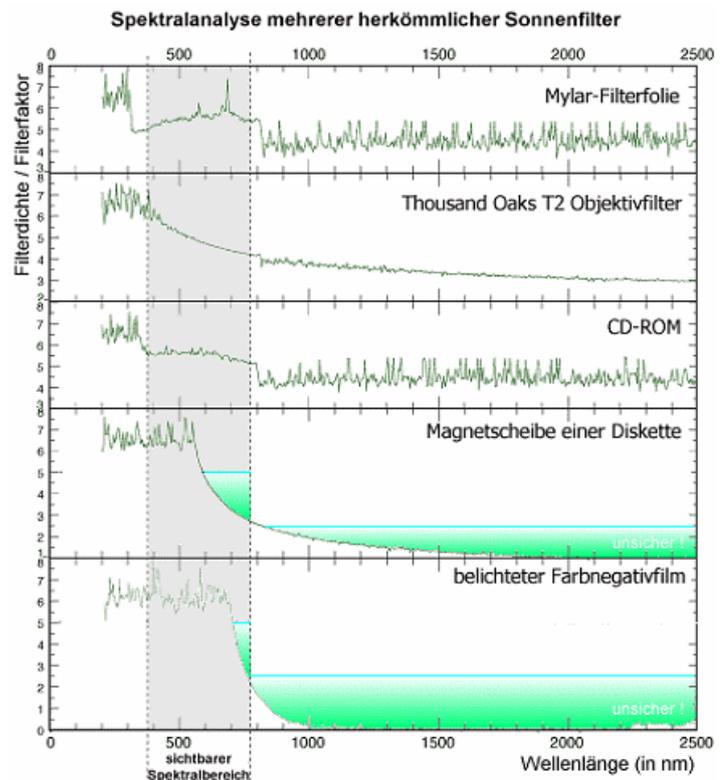
Ende der Finsternis. Der Mond hat die Sonnenscheibe wieder vollständig freigegeben. Die Sonne erscheint wie gewohnt kreisrund.

V. Sichere Beobachtung des Naturschauspiels

Eine totale Sonnenfinsternis zählt wohl zu den spektakulärsten astronomischen Ereignissen, die ein Mensch in seinem Leben erfahren kann. Weltweit existiert unter Amateur- und professionellen Astronomen sowie Naturbegeisterten ein großes Interesse der Beobachtung solcher Schauspiele. Augenzeugen einer totalen Sonnenfinsternis wissen von der Faszination, die von einer solchen majestätischen Sensation ausgeht, zu berichten.

Doch die Beobachtung einer Sonnenfinsternis birgt auch Gefahren, die nicht unterschätzt werden sollten. Die Sonnenstrahlung, die die Erdatmosphäre ungehindert durchdringt und den Beobachter auf der Oberfläche erreicht, rangiert im Bereich vom Ultravioletten mit Wellenlängen von minimal 290 nm bis hin zu Radiowellen im Meter-Bereich. Die größte Gefahr, während einer Sonnenfinsternis eine Augenschädigung zu erleiden, liegt darin begründet, dass es nicht ausreichend ist, einen Filter zu nutzen, der lediglich das sichtbare Licht ausreichend filtert. Ob auch der ultraviolette und infrarote Bereich hinreichend geblockt wird, kann ein Laie vorerst nicht feststellen.

Versuchen sie nicht einen improvisierten Augenschutz aus rußgeschwärzten Glasscheiben, belichteten Negativstreifen, Magnetscheiben von Disketten, CD's oder ähnlichen Materialien herzustellen. Diese mögen zwar die sichtbare Sonnenstrahlung vermindern, lassen jedoch häufig intensive UV- (UltraViolett) oder IR- (InfraRot) Strahlung hindurch, die ihr Auge weiterhin schädigen, ohne dass es vorerst bemerkt werden kann. Nur speziell zu dem Zweck der Sonnenfinsternis-Beobachtung ausgewiesene und über professionelle Vertriebswege angebotene Sonnenfilter dürfen hier zum Einsatz kommen.



Wird die Netzhaut des Auges durch einen oder mehrere längere Blicke in die noch nicht vollständig verfinsterte Sonne starker Sonnenstrahlung ausgesetzt, so besteht die Gefahr, dass in den lichtempfindlichen Sehzellen eine Serie chemischer Reaktionen ausgelöst wird, die ihre Fähigkeit zerstört, auf visuelle Reize zu reagieren und sie im Extremfall sogar zerstört. Das Resultat ist der Verlust der Sehfunktion, der abhängig von der Intensität der Schädigung vorübergehend oder auch dauerhaft sein kann. Die Schädigung der lichtempfindlichen Netzhaut (Retina) ist besonders heimtückisch, da diese nicht von Schmerzrezeptoren durchzogen ist und somit auch kein Schmerzempfinden auftritt, wenn es zu einer Zerstörung der Sehzellen kommt.

Auch können Veränderungen der Sehfähigkeit erst nach Stunden auftreten, wenn die Schädigung bereits unvermeidbar ist.

Es liegt auf der Hand, dass der Einsatz von Licht sammelnden optischen Beobachtungsinstrumenten wie Ferngläser oder Teleskope bei unzureichender Filterung des Sonnenlichts ein noch weit höheres Gefährdungspotential darstellt. Versuchen Sie also niemals mit einer Finsternisbrille durch ein Fernglas, Teleskop oder anderes Licht verstärkendes optisches Hilfsmittel zu sehen. Diese Geräte verstärken die Sonnenstrahlung so sehr, dass die Schutzfunktion der Brille nicht mehr gewährleistet werden kann.

Bei der Beobachtung der Sonne mit einem optischen Hilfsmittel sollte man sich immer bewusst darüber sein, dass bereits ein kurzer ungeschützter Blick ernsthafte Schädigungen verursachen kann. Bereits Galileo Galilei beobachtete die Sonne vor 400 Jahren durch sein Teleskop und erlitt dadurch eine bleibende Augenschädigung.

Der einzige Zeitraum, in dem die Sonne ohne jeden Schutz auch durch Ferngläser und Teleskope hindurch beobachtet werden kann, tritt ein, wenn der Mond die helle Sonnenscheibe vollständig abdeckt - wenn also die Totalität eingetreten ist, das letzte direkte Sonnenlicht (Perlschnurphänomen) verschwunden ist und die Chromosphäre und die Korona erscheint.



Als bestes Beobachtungsinstrument einer totalen Sonnenfinsternis hat sich das Fernglas erwiesen, da man hiermit alle auffallenden Effekte an der verdunkelten Sonne relativ gut beobachten kann (Chromosphäre, Protuberanzen, Korona, von der Erde beleuchtete Mondoberfläche).

Hierbei muss allerdings darauf geachtet werden, dass sämtliche visuelle Beobachtungen zum Ende der Totalität hin eingestellt werden. Selbst wenn während der partiellen Phase einer Finsternis mehr als 99 % der Photosphäre der Sonne vom Mond bedeckt sind, ist das von der verbleibenden schmalen Sichel stammende Sonnenlicht noch intensiv genug, um eine Verbrennung der Retina hervorzurufen.

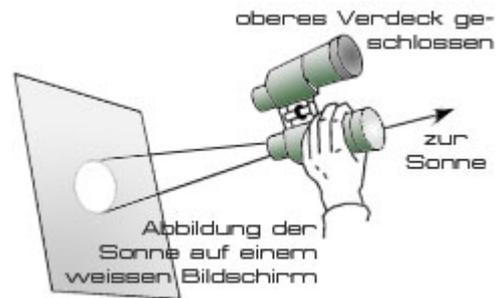


Nach der Sonnenfinsternis vom 7. März 1970 hatten allein in den USA 145 Menschen ihr Augenlicht aufgrund zu geringen Augenschutzes vollständig oder weitgehend verloren. Ein trauriger Fakt ist, dass der hauptsächlichste Anteil von Menschen, die während einer Sonnenfinsternis eine Augenschädigung erlitten haben, zu dem entsprechenden Zeitpunkt Kinder oder junge Erwachsene waren.

Während der partiellen Phase einer Sonnenfinsternis werden die gleichen Beobachtungsmethoden genutzt, die auch bei der normalen Sonnenbeobachtung angewendet werden. Eine ganz besonders sichere und kostengünstige Methode ist die Projektion des Sonnenbildes auf einen Bildschirm, der zudem noch von mehreren Personen gleichzeitig beobachtet werden kann. Dabei wird das intensive Sonnenlicht durch eine Lochblende (Pappkarton mit einem kleinen Loch) abgeschwächt und auf

einen Schirm in ungefähr einem Meter Abstand projiziert. Auf dem Projektionsschirm ist das seitenverkehrte Abbild der Sonnensichel zu erkennen. Diesen Effekt bezeichnet man häufig als ‚Camera obscura‘, der selbst dann auftritt, wenn das Licht der Sonne durch die schmalen Zwischenräume der Blätter eines Baumes fällt. Am Erdboden sind dann innerhalb des Baumschattens unzählige seitenverkehrte Sonnensicheln zu bewundern.

Auch ein auf ein Stativ montiertes Fernglas oder ein kleines Teleskop kann zur Projektion des Sonnenbildes genutzt werden. Hierbei erreicht man sogar eine höhere Flächenhelligkeit und Detailschärfe des Sonnenbildes. Man sollte jedoch sicherstellen, dass niemand der mitbeobachtenden Personengruppe oder gar ein Passant einen Blick durch das Okular des Gerätes wirft. Auch sollten keine leicht entflammaren Materialien (wie z.B. leichte Bekleidung, Papier, Haare etc.) in den Brennpunkt des gebündelten Sonnenlichts, der recht nahe über dem Okular liegt, kommen. Innerhalb weniger Sekunden könnten solche Materialien durch das intensive gebündelte Sonnenlicht entflammt werden.



Der direkte Blick zur partiell verfinsterten Sonne darf ausschließlich mit einem geeigneten Sonnenfilter erfolgen. Ein sicherer Filter sollte im sichtbaren Bereich des Sonnenspektrums (380-780 nm) nur maximal 1/30.000 des Sonnenlichtes durchlassen (bzw. 0,003%). Dies entspricht der Filterdichte 4,5. Im nahen Infrarot-Bereich (780 - 1.400 nm) sollte die Transmission bei maximal 1/200 (0,5%) liegen (Filterdichte 2,3).

Im Fachhandel existieren diverse metallbedampfte Glasfilter in diversen Größen für Teleskope und andere optische Beobachtungsinstrumente, die jedoch recht teuer und unflexibel im Einsatz sind und zudem beim Herunterfallen leicht zerbrechen können.

Ein in den letzten Jahren und vor allen während der Sonnenfinsternis vom 11. August 1999 sehr populär gewordener kostengünstiger und flexible Sonnenfilter ist die Mylar-Folie, die zum Zweck der Sonnenbeobachtung produziert wird und in Deutschland von der Firma Baader Planetarium GmbH (Zur Sternwarte - 82291 Mammendorf - +49 (8145) 8802 - www.baader-planetarium.de) vertrieben wird. Sie kommt beispielsweise in vielen Sonnenfinsternisbrillen zum Einsatz.



Es handelt sich hierbei um eine Aluminium-bedampfte Polyesterfolie, die gegenüber Glasfiltern die hervorragende Eigenschaft besitzt, in kleinere Stücke aufteilbar zu sein und nicht zerbrechen zu können. So lassen sich aus einem größeren Stück Mylar-Folie passende Sonnenfilter für jedes Beobachtungsinstrument zurechtschneiden. Hier sollte allerdings darauf geachtet werden, dass die Folie keine Defekt-Stellen aufweist, also weder Löcher noch Kratzer besitzt.

Sichere Alternativen stellen lediglich belichtete und vollständig entwickelte Silberbasierte Photo-Emulsionen sowie mehrlagige Rettungsfolie (in jedem Sanitätskasten bzw. aus der Apotheke zu beziehen) dar.

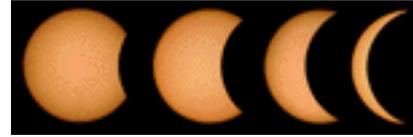
Absolut unsichere, also gefährliche Sonnenfilter sind Farbfotofilme, Schwarz/Weiß-Fotofilme ohne Silberanteil, rußgeschwärztes Glas, mehrere Sonnenbrillen übereinander, Disketten, beschreibbare CD's, Flaschenböden, metallbedampfte Bonbon-Verpackungen, Röntgenbilder, fotografische Filter und Polarisierungsfiler. Solche Materialien sind durchlässig für nicht sichtbare Infrarotstrahlung, die zur Verbrennung der Retina führen kann. Die Tatsache, dass das Sonnenlicht durch ein bestimmtes Material auf eine erträgliche Intensität abgeschwächt wird, ist keine Garantie, dass es sich um einen sicheren Sonnenfilter handelt.

Einige Billigteleskop-Hersteller bieten Sonnenfilter an, die sich in Okulare einschrauben lassen. Diese befinden sich fast direkt im Fokus des Strahlengangs und sind somit extremer Hitzeeinwirkung ausgesetzt. Solche Filter halten dieser extremen Belastung nur wenige Minuten stand und können schlagartig platzen. Sollte man in diesem Moment einen Blick in das Okular werfen, wird das Auge abrupt der gebündelten Sonnenstrahlung ausgesetzt. Verbrennungen der Retina würden schneller auftreten als man reagieren kann. Starke Schädigungen des Auges oder sogar die sofortige Erblindung könnten die Folge sein! Von dieser Filtermethode ist strengstens abzuraten.

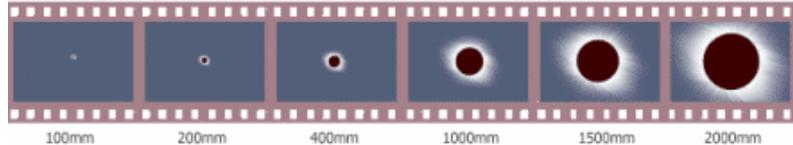


VI. Fotografische Beobachtung

Unter Berücksichtigung der genannten Hinweise zum Schutze des Augenlichts kann das Ereignis auch sicher fotografiert werden. Mit fast jeder Kamera sollten eindrucksvolle Aufnahmen gelingen. Es wird jedoch empfohlen, ein Objektiv mit einer langen Brennweite zu benutzen, damit ein möglichst großes Abbild der Sonne auf dem Foto zu erkennen ist.

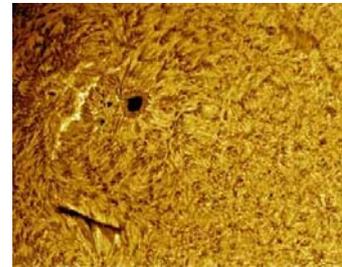


Ein Standardobjektiv mit 50 mm Brennweite erzeugt auf einem herkömmlichen 35 mm-Negativ ein Abbild von 0,5 mm Durchmesser, wo hingegen mit einem 200 mm-Teleobjektiv bereits eine Größe von 1,9 mm erricht wird.



Sehr häufig wird zur fotografischen Beobachtung von Sonnenfinsternissen eine optimale Brennweite von 500 mm eingesetzt, die ein Sonnenbild von 4,6 mm erzeugt. Da die entsprechenden Objektive recht groß und schwer sind, bietet es sich an, ein kompaktes Spiegelobjektiv zu nutzen. Wenn man davon ausgeht, dass die Korona rundum die Sonne etwa einen Sonnenradius weit vom Sonnenrand entfernt erfasst werden soll, so deckt sie eine Fläche von ungefähr 15 mm Durchmesser ab und kann somit recht gut auf einem Kleinbild-Negativ untergebracht werden.

Brennweiten von 1000 bis 2500 mm fallen in den Bereich von Amateurlinienteleskopen und sind gut geeignet, um Aufnahmen der gesamten Sonnenscheibe während der partiellen Phase anzufertigen. Am Teleskop können während der partiellen Phase mittels Fokal- oder Okularprojektion eventuell auftretende Sonnenflecken oder die Granulation der Photosphäre abgelichtet werden. Hierfür dürfen jedoch nur unverkittete Okulare benutzt werden (z.B. Huygens, Ramsden, Mittenzwey), da andere Okulare platzen könnten.



Für jede Objektiv-Brennweite gilt: der Durchmesser der abgebildeten Sonnenscheibe entspricht in etwa der Brennweite dividiert durch 109. Zum optimalen Einsatz der Objektivbrennweiten gibt die folgende Tabelle weitere Informationen:

Objektiv-brennweite (mm)	Bildfeld (°)	Bildfeld (")	Einsatzgebiete
16	80x120		
28	50x70		Panorama, Planeten & Sterne, Mondschatten, Horizont
35	40x60		
50	27x41		Landschaft, Korona (sehr klein!), partielle Phase (Mehrfachbelichtung)
75	18x27		
100	14x25		Korona (sehr klein!), partielle Phase (Mehrfachbelichtung)
135	10x15		
150	9x13,5		Korona, partielle Phase (Mehrfachbelichtung)
200	7x10		
250	5,5x8,3		
300	4,6x6,8		Korona, partielle Phase, Chromosphäre, Protuberanzen, Perlschnurphänomen
500	2,7x4,1		
1000	1,4x2,1	80x120	Korona, partielle Phase, Chromosphäre, Protuberanzen, Perlschnurphänomen, Sonnenflecken
1500		50x80	Chromosphäre, Protuberanzen, Perlschnurphänomen, Sonnenflecken
2000		40x60	
2500		32x48	Chromosphäre, Protuberanzen, Perlschnurphänomen, Sonnenflecken, Granulation, Mondrand
5000		16x24	

Bei digitalen Spiegelreflexkameras muss beachtet werden, dass der optische Sensor, der hier die Funktion des Kleinbildfilms ersetzt, um den Faktor von etwa 1,6 kleiner ist als ein 35 mm-Film. Somit erfasst der Sensor nur einen inneren Ausschnitt des Bildes und erzeugt dadurch eine scheinbare „Verlängerung“ der Brennweite des genutzten Objektivs um eben diesen Faktor. Ein Objektiv mit einer Brennweite von 200 mm erzeugt also an einer digitalen Spiegelreflexkamera ein Bild, als wäre es mit einem 320 mm-Objektiv fotografiert worden.

Während der Erfassung der partiellen Phase muss wie auch bei der visuellen Beobachtung ein geeigneter Sonnenfilter eingesetzt werden. Solche Filter verringern die Intensität des sichtbaren Lichts sowie der Infrarotstrahlung für gewöhnlich um einen Faktor von etwa 100.000. Der benutzte Filter, sowie die Wahl der Filmempfindlichkeit (ISO/ASA) beeinflussen die optimale Belichtungszeit des Fotos. Als Aufnahmematerial empfehlen sich relativ unempfindliche (ISO 25-200) und damit feinkörnige, hoch auflösende SW-Negativ-, Farbnegativ- oder Farbdiafilme.

Die beste Methode, die richtige Belichtungszeit auszuwählen ist, eine Reihe von Testaufnahmen der Sonne anzufertigen. Hierbei sollte das Öffnungsverhältnis (Blende) des Objektivs festgestellt werden und mit jeder Belichtungszeit (1/4000 s bis 1/4 s) ein Foto angefertigt werden. Anhand der angefertigten Notizen kann nach der Entwicklung des Filmes die optimale Einstellung ausgewählt werden. Während der partiellen Phase der Finsternis ist keine Korrektur dieser Einstellung nötig, da sich die Helligkeit der Sonnenoberfläche nicht verändert. Lediglich der Effekt der Randverdunkelung der Sonne könnte es erforderlich machen, die Belichtungszeit zu verlängern, wenn nur noch eine schmale Sichel erkennbar ist. Auch leichte Bewölkung kann eine Verlängerung der Belichtungszeit erforderlich machen.

Zur Berechnung der Belichtungszeit bietet sich auch die folgende Faustformel an:

$$t = (N^2 * F) / (E * K)$$

t	Belichtungszeit in Sekunden
N ²	Quadrat des Öffnungsverhältnisses (Brennweite/Objektivöffnung - f/D)
F	Filterfaktor (Dämpfung)
E	Filmempfindlichkeit in ASA/ISO
K	Helligkeitskonstante

Die Helligkeitskonstante beträgt für die Sonne je nach atmosphärischer Dämpfung ungefähr 10.000.000 bis 70.000.000, für Protuberanzen circa 100, für die innere Korona circa 25 bis 50 und ungefähr 0,2 bis 0,5 für deren äußere Bereiche.

Die spektakulärste Phase der Finsternis ist jedoch die Totalität. Für wenige Sekunden oder Minuten werden dabei die weiße Korona und die Chromosphäre mit ihren Protuberanzen sichtbar. Die große Herausforderung für den Fotografen besteht dabei darin, von jedem dieser Phänomene einige Aspekte abzulichten.

Das während der Totalität wohl auffälligste Beobachtungsobjekt ist die Sonnenkorona. Der Strahlenkranz um die Sonne zeigt während einer Periode mit hoher Sonnenaktivität ein relativ symmetrisches Aussehen (Maximumskorona). In Zeiten geringer Sonnenaktivität ist sie eher unregelmäßig geformt und es können lange Koronastrahlen auftreten.

Die Helligkeit der Korona ist etwa eine Million Mal schwächer als die der hellen Photosphäre und entspricht in etwa der Vollmondhelligkeit. Daher muss der Sonnenfilter zu Beginn der totalen Phase vom Objektiv entfernt werden. Zudem ist es während der totalen Phase völlig ungefährlich, die Sonne durch die Kamera ohne jeden Augenschutz zu beobachten.

Die Helligkeit der Korona nimmt vom Sonnenrand zu den äußeren Bereichen hin ab. Der innere Bereich ist weitaus heller als die äußere Korona. Unterschiedlich lang belichtete Fotos zeigen auch unterschiedliche Gebiete der Korona (innere Korona = kurze Belichtungszeit, äußere Korona = lange Belichtungszeit). Somit ist es nicht möglich, mit einer einzelnen Aufnahme die vollständige Struktur der Korona zu erfassen. Die beste Strategie ist es, ein festes Öffnungsverhältnis (Blende) auszuwählen und eine Serie von Aufnahmen anzufertigen, wobei die Belichtungszeit im Bereich von 1/500 s bis 2 s (bezogen auf ISO 100, f/10) sukzessive verändert wird. Es ist empfehlenswert, diese Sequenz zuvor auszutesten, da die Totalität von großer Aufregung begleitet wird und wenig Zeit zum Nachdenken besteht.

Zu Beginn und zum Ende der Totalität erscheint für wenige Sekunden das sogenannte Perlschnurphänomen. Dabei fällt gleißendes Sonnenlicht durch zahlreiche Täler am Mondrand. Obwohl es sich beim Perlschnurphänomen noch um direktes und sehr helles Sonnenlicht handelt, kann es nicht durch einen Sonnenfilter hindurch fotografiert werden. Das ungedämpfte Sonnenlicht muss mit sehr kurzen Belichtungszeiten (1/500 - 1/4000) auf unempfindlichem Fotomaterial (25 - 200 ASA) fotografiert werden, damit es nicht zu Überbelichtungen kommt.



Eine weitere, sehr interessante Möglichkeit, eine Sonnenfinsternis zu fotografieren, ist der Versuch, das gesamte Ereignis auf ein einziges Foto zu bannen. Dazu wird eine Kamera benötigt, die ein einziges Fotonegativ mehrfach belichten kann. Zahlreiche Spiegelreflexkameras bieten diese Option. Mit einer Digitalkamera können Einzelaufnahmen im Nachhinein am Computer zu einer Einzelaufnahme kombiniert werden. Die Kamera wird dazu fest an einen geeigneten Gegenstand montiert und während des Ereignisses nicht bewegt. Stative sind eher ungeeignet, da sie im Laufe von mehreren Stunden leicht verrutscht werden können.

Da sich die Sonne am Himmel in jeder Stunde scheinbar um 15° fortbewegt, driftet sie durch das Blickfeld der Kamera. Die Kamera wird so ausgerichtet, dass sich die Sonne entlang der Bilddiagonalen bewegt. Mit einem 50 mm-Objektiv dauert es mehr als drei Stunden, bis die Sonne die gesamte Diagonale durchquert hat. Die genaue Ausrichtung der Kamera kann im Vorfeld des Ereignisses durch Testversuche ermittelt werden. Bäume oder Gebäude sollten das Blickfeld während der Finsternis nicht behindern.

Die Sonne sollte kurz vor Beginn an den östlichen Rand des Blickfelds positioniert werden (links auf der nördlichen Hemisphäre). Die Belichtungen erfolgen dann während der Finsternis in Intervallen von jeweils ungefähr 5 Minuten. Auch hier wird während der Totalität der Sonnenfilter entfernt und eine längere Belichtung gewählt (ca. 1 Sekunde) damit die verfinsterte Sonne mit der Korona inmitten der Bildsequenz erstrahlt. Das resultierende Bild zeigt die Aneinanderreihung mehrerer Sonnenbilder, wobei die einzelnen Phasen der Finsternis erkennbar werden.

Bei gutem Wetter kann man mit Hilfe von kurzbrennweitigen Objektiven ($< 30\text{mm}$, bzw. Fischauge) und längeren Belichtungszeiten auch helle Sterne und Planeten, den Dämmerungshorizont oder den nahenden Mondschaten fotografieren. Um helle Sterne oder Planeten zusammen mit der verfinsterten Sonne abzubilden, muss ein Weitwinkelobjektiv und eine Belichtungszeit von ca. 1 Sekunde gewählt werden.

Im Folgenden finden Sie eine Tabelle, die eine Übersicht zu vorgeschlagenen Belichtungszeiten gibt. Die Werte gelten für klaren dunstfreien Himmel. Gegebenenfalls sind längere Belichtungszeiten notwendig.

Filmempfindlichkeit (in ASA/ISO)	Blende					
25	1,4	2	2,8	4	5,6	8
50	2	2,8	4	5,6	8	11
100	2,8	4	5,6	8	11	16
200	4	5,6	8	11	16	22
400	5,6	8	11	16	22	32
800	8	11	16	22	32	44
1600	11	16	22	32	44	64
Objekt	Belichtungszeit					
partiell (mit Filterfaktor 4)	-	-	-	1/4000	1/2000	1/1000
partiell (mit Filterfaktor 5)	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125
Perlschnurphänomen	-	-	-	-	1/4000	1/2000
Diamantringeffekt	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15
Chromosphäre	-	-	-	1/4000	1/2000	1/1000
Protuberanzen	-	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250
Korona (0,1 Sonnenradien)	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60
Korona (0,2 Sonnenradien)	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15
Korona (0,5 Sonnenradien)	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4
Korona (1,0 Sonnenradien)	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1
Korona (2,0 Sonnenradien)	1/15	1/8	1/4	1/2	1	2
Korona (4,0 Sonnenradien)	1/8	1/4	1/2	1	2	4
Korona (8,0 Sonnenradien)	1/2	1	2	4	8	15

VII. Finsternishimmel

Während der totalen Finsternisphase können für wenige Minuten auch die hellsten Sterne des Himmels sowie die Planeten beobachtet werden. Der verfinsterte Himmel erinnert an die Morgen- oder Abenddämmerung, wie sie etwa eine halbe Stunde nach Sonnenuntergang erlebt werden kann.

Während der totalen Sonnenfinsternis vom 29. März 2006 wird sich die Sonne vor dem Sternbild Fische befinden. Drei helle Planeten und einige Sterne werden zu beobachten sein. Der auffälligste Planet wird wohl die Venus sein, die sich während der Totalität 47° westlich der Sonne im Sternbild Steinbock aufhält. Merkur befindet sich ebenfalls westlich bei einer Elongation von 25° , wird jedoch weniger einfach zu entdecken sein, da seine Helligkeit fünf Größenklassen unter der der Venus liegt und er somit etwa 100 Mal schwächer erscheint. Mars wird sich 73° östlich der Sonne befinden und ist nur etwas lichtschwächer als Merkur.

Obwohl in der Nähe der verdunkelten Sonne keine hellen Sterne aufzufinden sein werden, sollten am Horizont einige erkennbar sein. Deneb (1,25 mag), Atair (0,76 mag) und Vega (0,03 mag) findet man 65° , 71° und 87° nordwestlich der Sonne. Beteigeuze (0,45 mag), Rigel (0,18 mag), Aldebaran (0,87 mag) und Capella (0,08 mag) befinden sich nordöstlich des Zentralgestirns in 80° , 71° , 61° bzw. 75° Entfernung. Letztlich wird Fomalhaut (1,17 mag) 40° südwestlich der Sonne zu finden sein.

Die Sichtbarkeit von helleren Sternen erfordert einen sehr dunklen und wolkenfreien Himmel während der Totalität.

Quellen

Kartenmaterial: NASA 2006 Eclipse Bulletin (F. Espenak & J. Anderson)
Texte: Astro Corner – <http://www.astrocorner.de>

Impressum

Die Texte und Bilder unterliegen, soweit nicht anders angegeben, dem Urheberrecht (Copyright) von Astro Corner und dürfen keinesfalls ohne Zustimmung des Autors anderweitig veröffentlicht werden.

© Astro Corner 2006

Astro Corner
Christoph Rollwagen
Fliederweg 8
D-14469 Potsdam-Bornstedt



astrocorner.de